

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Mika Heiskanen

Rivitalokiinteistön lämmöntuotannon kannattavuusselvitys  
Lähilämpökeskukseen integroituna

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2015**  
**Metsätalouden koulutusohjelma**

Sirkkalantie 12 A  
80100 JOENSUU  
Tel. 00 358 13 260 6900

Tekijä(t)  
Mika Heiskanen

Nimeke  
Rivitalokiinteistön lämmöntuotannon kannattavuusselvitys lähilämpökeskukseen integroituna  
Toimeksiantaja  
Karelia-ammattikorkeakoulu

#### Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää rivitalokiinteistön lämpöenergiantuotannon kannattavuutta lähilämpökeskukseen integroituneena. Lähilämpökeskuksen lämmöntuotantojärjestelmät koostuivat pelletti-, hake-, öljy-, sähkö- ja maalämpöjärjestelmistä, jotka yhdistettiin aurinkolämpökeräimiin. Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää investointi- ja energiakustannukset lähilämpökeskuksen viidestä eri hybridilämmitysjärjestelmästä.

Tutkimusaineisto kerättiin haastattelemalla Joensuulaisia LVI-alan yrityksiä. Tutkimustuloksista käy ilmi, että maalämpö- ja pellettijärjestelmät yhdistettynä aurinkolämpöön ovat taloudellisesti kannattavampia kuin muut hybridilämmitysjärjestelmät. Aurinkolämmöntuotanto on kuitenkin kallista suhteessa kokonaisinvestointeihin. Tutkimusta tarvitaan edelleen maalämmön lämmönkeruuputkiston ja maarakentamisen kustannuksiin vaikuttavista tekijöistä.

Kieli

Sivuja 34

Suomi

Liitteet 4

#### Asiasanat

Investointilaskelma, hybridilämmitysjärjestelmä, kiinteistö, energiatehokkuus



**THESIS**  
**May 2015**  
**Degree Programme in Forestry**

Sirkkalantie 12 A  
80100 JOENSUU  
Tel. 00 358 13 260 6900

Author (s)  
Mika Heiskanen

Title  
Terrace House Heat production Feasibility Study Integrated to a Local Heating Plant  
Commissioned by  
Karelia University of Applied Sciences

**Abstract**

The aim of this thesis was to study financial feasibility heating production of terrace house when integrated to a local heating plant. The heat production systems of the local heating plant consisted of wood pellet, wood chip, oil, electric and geothermal heating systems, which were combined to solar thermal collectors. The aim of this research was to study investment and energy expenses in the plant's five different hybrid heating systems of the local heating.

Research material was collected by interviewing HVAC companies in Joensuu area. From the research and results it can be seen that geothermal heating and wood pellet systems combined to solar thermal collectors are financially more viable when compared to the other hybrid heating systems. Solar thermal heat production is very expensive in relation to the total investment costs. More research is needed the factors concerning of geothermal heating and its heat gathering piping, and the cost of the earthworks.

Language

Pages 34

English

Appendices 4

**Keywords**

investment statement, hybrid heating system, real estate, energy efficiency

# Sisältö

<b>LYHENTEET .....</b>	<b>5</b>
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 LÄMPÖENERGIATUOTANTO .....</b>	<b>7</b>
2.1 LÄMPÖENERGIAN TUOTANTOMENETELMÄT .....	8
2.2 SYÖTTÖTARIFFI .....	10
2.3 ENERGIATUET .....	11
<b>3 LÄMPÖRATKAISUJEN EDELLYTYKSET .....</b>	<b>11</b>
3.1 LAKI JA MÄÄRÄYKSET .....	12
3.2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN PÄÄELEMENTIT .....	13
3.3 KIINTEISTÖKOHTAINEN ENERGIATARPEEN LASKENTA JA E-LUKU .....	14
3.4 KOKONAISKUSTANNUKSET .....	15
<b>4 RIVITALOKOMPLEKSIIN ESITTELY .....</b>	<b>16</b>
4.1.1 PELLETTILÄMMITYS .....	18
4.1.2 HAKELÄMMITYS .....	19
4.1.3 MAALÄMPÖLÄMMITYS .....	20
4.1.4 ÖLJYLÄMMITYS .....	21
4.1.5 SÄHKÖLÄMMITYS .....	22
4.1.6 AURINKOENERGIA .....	22
4.2 LÄMMITYKSESTÄ AIHEUTUVAT PÄÄSTÖT .....	23
<b>5 TUTKIMUSTEHTÄVÄ .....</b>	<b>24</b>
5.1 TOIMEKSIANTAJA JA TUTKIMUSKOHDE .....	24
5.2 TUTKIMUSONGELMA .....	25
5.3 TULOKSET .....	26
<b>6 TULOSANALYYSI .....</b>	<b>31</b>
<b>7 POHDINTA .....</b>	<b>34</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>35</b>

## Lyhenteet

Bruttoala	Ulkoseinien ulkopintojen perusteella lasketut rakennusneliöt.
COP	(Coefficient of Performance) eli lämpökerroin, joka ilmaisee lämpöpumpun hyötysuhteen. Lämpökerroin ilmaisee kuinka paljon lämpöpumppu laitteistoineen tarvitsee sähköä tietyn lämpömäärän tuottamiseen. Yleensä maalämpöpumpulla lämpökerroin on kahdesta kolmeen. (Rautio, j 2008.)
E-luku	Ilmaisee energiatehokkuuslukua. Parempi kokonaisenergiatehokkuus saavutetaan tiiviimmillä rakenteilla, energiaa säästävämmillä sähkö- ja valaistuslaitteilla sekä käyttämällä uusiutuvia energialähteitä. Luvun määräytyminen eri lämmitysjärjestelmillä: kokonaisenergian kulutus jaetaan rakennusneliöiden nettoalalla.
KPA-laitos	Kiinteätä polttoainetta käyttävä lämmityslaitos. Esimerkiksi pelletti ja hake on kiinteää polttoainetta.
kWh	Tarkoittaa kilowattituntia.
	Mitoitusteho Lämmitysjärjestelmät mitoitetaan täyttämään kokonaan tai osittain lämpöenergiatarpeet. Jos lämmitysjärjestelmä mitoitetaan osateholle tarvitaan lisäenergiatuotantoa. Tämä tarkoittaa jonkin muun lämpöenergiatuotantomuodon integroimista lämmitysjärjestelmään.
Nettoala	Ulkoseinien sisäpintojen perusteella lasketut rakennusneliöt.
U-arvo	Mitataan energiankulutusta. Esimerkiksi paljonko lämpöenergiaa virtaa seinärakenteen lävitse. U-arvo lasketaan yleensä kilowatit jaettuna neliölle, jolloin pystytään laskemaan erilaisille rakenteille oma U-arvo. Mitä pienempi on U-arvo sitä paremmin eristävä rakenne.

## 1 Johdanto

Suomessa uusiutuvien energialähteiden osuus on vain 30–35 % kokonaisenergiantuotannosta. Bioenergian osuus uusiutuvista energialähteistä on 80 %. Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotannossa bioenergian osuus oli 18 % vuonna 2010. (Motiva 2015.) Asumiseen tarkoitetuissa kiinteistöissä ilma-, poisto- ja maalämpöjärjestelmät ovat nykyisin suosittuja lämmitysmuotoja, jotka kuuluvat myös uusiutuviin energialähteisiin. Asuinkiinteistöjen lämmitysenergian lähteistä lämpöpumppujen osuus on kasvanut 8 % muutamassa vuodessa. (Tilastokeskus 2014.)

Päästövähennystavoitteet sekä uudistunut rakennuslainsäädäntö ohjaa tehokkaampaan energiankäyttöön kiinteistöjen kokonaisenergiankulutuksessa. Kokonaisenergiatehokkuuteen päästään vähentämällä kiinteistöissä energiankulutusta, lisäämällä lämmöneristyskykyä rakenteissa, parantamalla ilmanvaihdon hyötysuhdetta, valitsemalla energiatehokkaammat sähkölaitteet ja valaistukset sekä suosimalla uudistuvia energialähteitä lämpöenergiantuotannossa. Nykyisin rakennusratkaisuissa suositaan matala- ja passiivien energiarakentamista sekä yhdistettyjä lämmitysenergiamuotoja eli hybridijärjestelmiä. (Lankinen & Puhaka 2013, 36–37.)

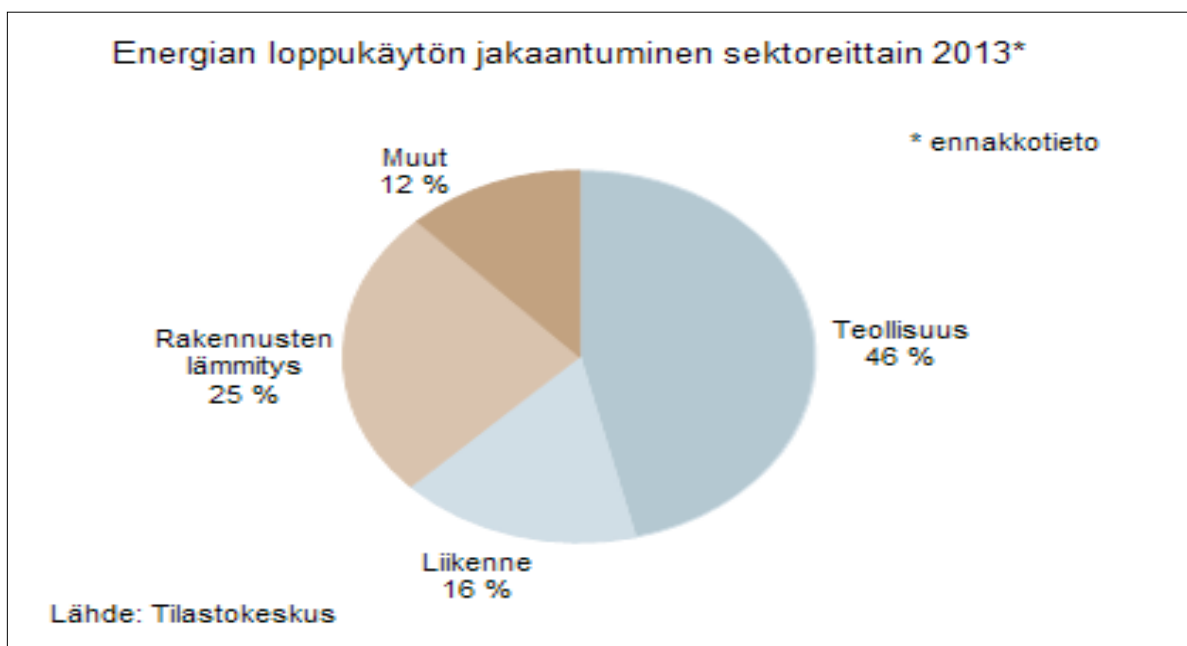
Opinnäytetyön tavoitteena oli rivitalokiinteistön lämpöenergiantuotannon kannattavuusselvitys. Lämpöenergiatuotanto suunniteltiin toteutettavaksi lähilämpökeskuksella, joka mitoitettiin kolmen rivitalokiinteistön lämmön ja lämpimänkäytöveden tarpeisiin. Lähilämpökeskuksen lämmöntuotantomuodot ovat hybridiratkaisuja eli päälämmitysjärjestelmiin integroitiin aurinkolämpökeräimet. Kannattavuusselvityksissä laskettiin viidelle eri hybridilämmitysjärjestelmälle investointi- sekä energia-, käyttö- ja huoltokustannukset. Investointikustannukset jaet-

tiin kolmen rivitalokiinteistön kesken. Tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää ekologisempien lämmitysjärjestelmien taloudellinen kilpailukyky ja verrata niitä fossiilisia polttoaineita käyttäviin lämmitysjärjestelmiin.

## **2 Lämpöenergiatuotanto**

Kansainvälinen huoli fossiilisten polttoaineiden aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä edellyttävät maailmanlaajuisesti etsimään uusia energiaratkaisuja. Suomi on osaltaan sitoutunut YK:n ilmastopimukseen, Kioton pöytäkirjaan sekä noudattamaan EU:n lainsäädäntöä. Kioton pöytäkirjan mukaan EU:ssa (EU-15) on laadittu pitkän aikavälin päästötavoitteet, jotka ulottuvat aina 2100-luvulle saakka. Tämä tarkoittaa hiilidioksidipäästöjen vähentämistä 80–95 % nykyisestä päästötasosta vuoteen 2050 mennessä, jolloin uusiutuvan energialähteiden osuus kasvaisi 60 %:iin. (Viljamaa 2015.)

Fossiilisten energialähteiden käyttöä rajoitetaan ilmastotavoitteiden, EU-sopimuksien, Kioton-pöytäkirjan sekä Suomen oman lainsäädännön turvin. Lainsäädännöllä pyritään rajoittamaan kasvihuonekaasupäästöjä ja parantamaan energiatehokkuutta. Energiantuotannossa se tarkoittaa uusiutuvien energialähteiden lisäämistä, energiatehokkuuden parantamista ja kokonaisenergiankulutuksen vähentämistä. Uudistuviin energialähteisiin panostamisen kannustimena on mahdollisuus saada verohelpotuksia ja tukia. (Lankinen & Puhakka 2013, 36–37.) Rakennusten lämmitykseen menee 25 % kokonaisenergiankulutuksesta, joka on puolittunut viimeisen viidenkymmenen vuoden aikana (Kuvio 1: Tilastokeskus 2013).

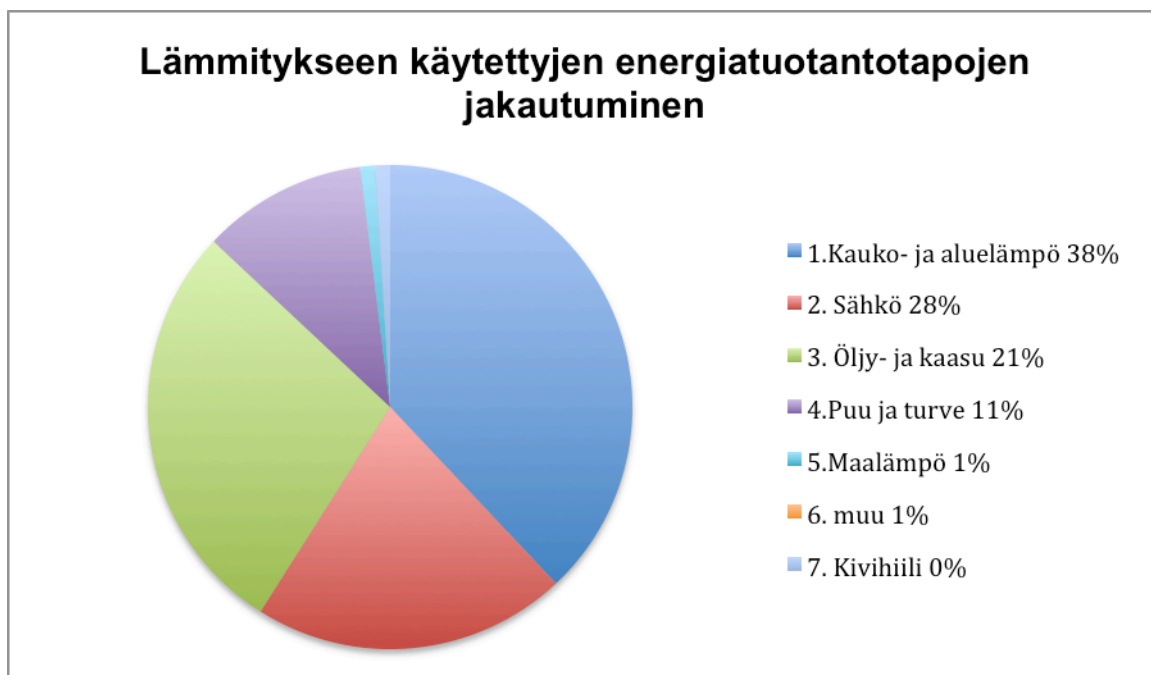


Kuvio 1. Energian loppukäytön jakautuminen sektoreittain 2013. (Tilastokeskus 2013.)

## 2.1 Lämpöenergian tuotantomenetelmät

Rakennusten lämpöenergian tuotantoon menee Suomessa neljäsosa kokonaisenergian kulutuksesta. Asuinkäyttöön tarkoitettujen rakennusten osuus rakennuskannasta on 85 %. Julkisten ja yksityisten palvelurakennuksien ja tuotantorakennuksien osuus on 15 %. Kauko- ja aluelämpölaitokset tuottavat lähes 38 % asuinrakennusten lämpöenergiatarpeesta, jos huomioidaan lisäksi julkiset ja tuotantorakennukset, kaukolämpöenergian osuus nousee 54 % (kuviot 1 ja 2). Rivitalo- ja kerrostalojen yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö, jonka jälkeen tulee sähkö ja sitten kevyt polttoöljy, mutta uuden energiatehokkuustavoittelu on nostanut etenkin maalämmön suosiota. (Lankinen & Puhakka 2013, 34–37.)





Kuvio 2. Lämmitykseen käytettyjen energiatuotantotapojen jakautuminen rakennuksen kerrospinta-alojen suhteessa pien-, kerros- ja rivitalojen osalta. (Lankinen & Puhakka 2013, 36.)

Suomessa lämmitysenergiaratkaisut hoidetaan keskitetysti tai hajautetusti. Keskitetyllä energiantuotantoyksiköllä tarkoitetaan kaukolämpölaitosta, joka vastaa useamman kohteen sähkön ja/tai lämpöenergiatarpeesta. Kauko- ja aluelämpölaitokset eli CHP-laitokset (Combined Heat and Power) ovat yleensä suuria kokonaistehoiltaan yli 10 MW:n laitoksia, ja ne on sijoitettu kaupunkeihin tai suurien tuotantolaitoksien läheisyyteen. CHP-laitoksissa käytetään 60–80 % fossiilisia polttoaineita sen mukaan, ovatko ne sähkö- ja lämpöenergiaa tai pelkästään lämpöenergiaa tuottavia laitoksia. Kaukolämpöverkkoa ei ole yleensä saatavilla maaseudulla ja haja-asutusalueilla. (Lankinen & Puhakka 2013, 36–37.)

Hajautetussa energiantuotannossa tuotantoyksiköt ovat paljon pienempiä sekä sijaitsevat tiheämmin kuin kaukolämpöyksiköt, jolloin kyseessä on aluelämpölaitokset. Aluelämpölaitokset sijaitsevat haja-asutusalueilla kaupunkien ja kuntien läheisyydessä eli lähellä kulutuspiirustettua. Energiatuotantoyksiköt kuuluvat alue-

lämpöverkkoon ja voivat myös olla sähkön- ja lämmöntuotantoyksiköitä. Energhuollosta vastaavat paikalliset yrittäjät aina raaka-ainehankinnasta lämpökeskuksen hoitamiseen. Tyypillistä hajautetussa energiantuotannossa on se, että energiantuotantoyksiköt ovat kokonaisteholtaan 0,3-10 MW laitoksia. (Lankinen & Puhakka 2013, 35–37.)

Kortteli- ja kiinteistökohtaiset energiantuotantoyksiköt ovat yleensä pelkästään lämpöenergiaa tuottavia yksiköitä. Kiinteistökohtaiset lämmitysjärjestelmät ovat yleisiä maataloilla, kylpylöissä, tuotantorakennuksissa sekä kunnan omistamissa kiinteistöissä ja tietysti omakotitalot. Kiinteistökohtaisessa lämmitysjärjestelmässä öljylämmitys ja suora sähkölämmitys korvataan nykyisin yhä enemmän uudistuvilla energialähteillä, ilma-, poisto- ja maalämpöpumppu tai hybridiratkaisuilla. Hybridimenetelmissä yhdistetään päälämpölähteen lisäksi jokin muu energiamuoto. Rakennuslainsäädäntö on pakottanut energiatehokkaaseen rakentamiseen ja uudistuvien energialähteiden käyttöön. Nykyaikaisempia vaihtoehtoja uudisrakentamisessa ovat aurinko, hake ja pelletit, maalämpö sekä ilma- ja poistolämpöpumput. (Lankinen & Puhakka 2013, 36–37.)

Nykypäivän energiatehokkaita ratkaisuja ovat matala- ja passiivienergiatalot, joiden lämmitysenergian tarve on korkeintaan puolet verrattuna normaalin rakennusmääräyksen mukaan rakennetuissa taloissa. Tehokkaat energiaratkaisut saadaan aikaan lämpöeristeratkaisuilla, tiiviillä rakenteilla, ilmastoinnin talteenotolla sekä sähkölaitteiden energiatehokkuudella sekä uudistuvia energialähteitä käyttävillä lämmöntuotantomenetelmillä.

## **2.2 Syöttötariffi**

Suomessa otettiin käyttöön syöttötariffi vuonna 2011, jonka perusideana on se, että uusiutuvalla energialähteillä tuotetulle sähkölle voi saada tuotantotukea. Tuotantomenetelmä uusiutuvalla energialähteillä pitää olla syöttötariffijärjestelmän mukainen. Tuki määräytyy markkinahinnan ja tavoitehinnan välisestä ero-

tuksesta. Yleinen tavoitehinta energiatuelle on 83,5 €/MWh, paitsi uusille tuuli-voimaloille 105,3 €/MWh. Tukea voi saada korkeintaan 12 vuotta, joka maksetaan kolmen kuukauden jaksoissa sähköntuotannon mukaan. Energiavirasto seuraa ja maksaa tuet sähköntuottajalle. (Motiva 2015.)

### **2.3 Energiatuet**

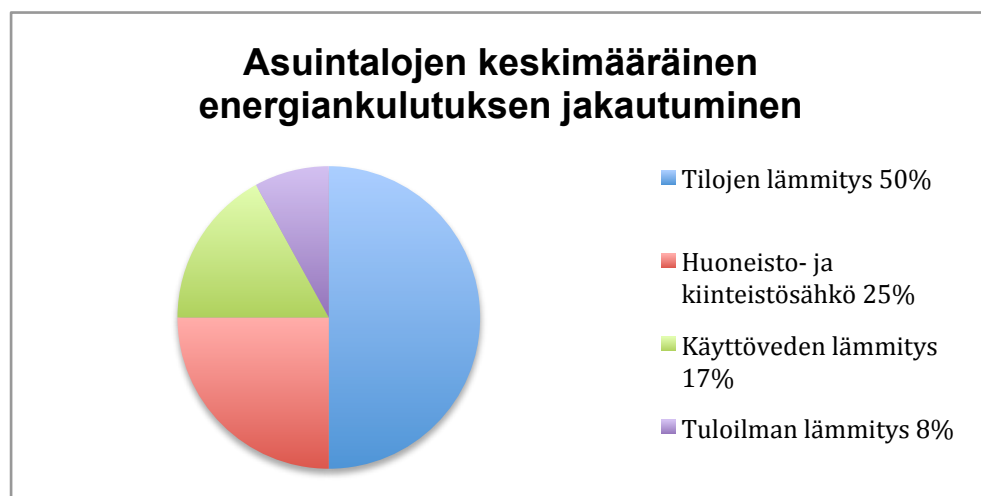
Työ- ja elinkeinoministeriä myöntää valtionvaroista erilaisille tahoille investointitukea energiahankkeisiin, jolla on ilmastolle ja ympäristölle myönteisiä vaikutuksia. Energiatuki, jota myönnetään sellaisille hankkeille, joka edistää uusiutuvan energian käyttöä ja tuotantoa, parantaa energiansäästöä tai vähentää energian ympäristöhaittoja. Tuella pyritään auttamaan ensisijaisesti sellaisia hankkeita, jotka helpottavat uuden teknologian käyttöä energiaratkaisuissa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.) Investointitukea haetaan yleensä suhteellisen kalliissa lämmitysjärjestelmäratkaisuissa, kun järjestelmä muutetaan uudistuvia energialähteitä käyttäväksi järjestelmäksi.

## **3 Lämpöratkaisujen edellytykset**

Kiinteistökohtaisen lämmitysjärjestelmän hankintapäätökset tehdään teknisistä, teknologisista ja taloudellisista näkökulmista. Lämmitysjärjestelmän valinnassa huomioidaan sähkön-, lämmitysenergian-, lämpimänkäyttöveden- ja jäähdytysenergian tarve. Lämmitysjärjestelmän mitoituksessa huomioidaan kohteen käyttötarkoitus, sijainti, kohteessa tapahtuvat toiminnot ja energiankulutukset. Kiinteistön lämmitysenergian tarve muodostuu rakennuksen eri tilojen, ilmanvaihdon- ja lämpimän käyttöveden lämmittämisestä. (Lankinen & Puhakka 2013, 35–58.)

Lämmitysenergiatarpeet voidaan hoitaa yhdellä lämmitysjärjestelmällä, joka kattaa silloin 100 % vuotuisesta tilojen- ja käyttöveden lämmitystarpeesta. Toisena ratkaisumallina lämmitysjärjestelmä suunnitellaan täyttämään vuotuisesta lämpöenergiatar

peesta noin 90 %, jolloin lämmitysjärjestelmä toimii hyvällä hyötysuhteella. Tässä tapauksessa päälämmitysjärjestelmän mitoitustehona käytetään yleensä 40–60 % mitoitustehotarpeesta. Päälämmitysjärjestelmä vaatii näin ollen jonkin tukilämmitysjärjestelmän eli hybridilämmitysjärjestelmän. (Lankinen & Puhakka 2013, 35–59.) Hybridilämmityksessä yhdistetään lämmöntuotannossa eri energialähteitä. Tämä edellyttää eri järjestelmien yhteensopivuutta sekä oikeinlaista mitoitusta keskenään lämmitysenergiatarpeen tuottamiseen. (Motiva & Mattila 2006, 22–23.)



Kuvio 3. Asuintalojen keskimääräinen energiankulutuksen jakautuminen. (Motiva & Mattila 2006, 7.)

### 3.1 Laki ja määräykset

Asuinkäyttöön tulevan kiinteistön rakentamista säädellään asetuksilla ja erilaisilla maata ja kiinteistöä koskevilla määräyksillä. Rakentaminen edellyttää aina lu-

paa, joka haetaan aina erikseen oman paikkakunnan rakennusviranomaiselta. Kaavoituksella määritellään minkä tyyppisiä kiinteistöjä voidaan rakentaa ja mihin käyttötarkoitukseen kyseinen alue on suunniteltu. Lämmitysjärjestelmä on rakennuksen yksi elementti, jossa se mitoitetaan rakennukseen sopivaksi määräyksien edellyttämällä tavalla.

Rakennuslupa edellyttää suunnitelmat rakennustavasta, rakenneratkaisuista, käytetyistä materiaaleista, lämmöntuotantojärjestelmistä, sähkö- ja lvi-järjestelmistä sekä rakennustapaselostuksen. Lähtökohtaisesti kaavoituksella ja lainsäädännöllä pyritään alueet kehittämään siten, että siinä on huomioitu ekologisuus, taloudellisuus, infrastruktuuri, käytännöllisyys ja sosiaalisuus.

### **3.2 Lämmitysjärjestelmän pääelementit**

Kiinteistökohtainen lämmitysjärjestelmän pääelementit ovat lämmönkehityslaitteisto, lämmönjakojärjestelmä, lämmönsäätöjärjestelmä sekä lämmitysenergia ja varastointi. Lämmönkehitin muuttaa energiamuodon toiseksi. Esimerkiksi öljykattila muuttaa prosessissaan öljyn lämmöksi. Lämmönkehittäjiä ovat eri energialähteitä käyttävät kattilat, ilma-, poisto- ja maalämpöpumput sekä lämmönsiirtimet eli kaukolämpölaitteet. Lämmöntuotantojärjestelmä voi olla yhtä tai useampaa energiamuotoa käyttävä lämmitysjärjestelmä eli hybridijärjestelmä. (Motiva & Mattila 2006, 6–12.)

Lämmitysjärjestelmän tuottamaa lämpöä käytetään heti ja sitä myös varastoidaan. Eri lämmitysjärjestelmien mukaan sitä voidaan varastoida tulipesien seinämiin, lämminvesivaraajaan tai rakenteisiin, kuten lattialaattaan. Lämmönjako tarkoittaa puolestaan lämpöenergian luovuttamista lämmitettävään tilaan patterien, vesikiertoisen lattialämmityksen, kattolämmityksen tai ikkunälämmityksen avulla. (Motiva & Mattila 2006, 6–12.)

Lämmönsäätöjärjestelmällä huolehditaan eri tiloihin oikea lämpötila tarpeen mukaan. Nykyisin lämmönsäätäminen on paljon automatisoidumpaa kuin ennen. Nykyinen teknologia mahdollistaa jopa matkapuhelimella ohjata toimintoja kiinteistön ilmanvaihdon- ja lämmönohjauksessa. Automaattiset ohjausjärjestelmät valvovat itse teknisiä toimintoja ja tekevät automaattisen hälytyksen järjestelmään tulevan vian tai häiriön vuoksi. (Motiva & Mattila 2006, 6–12.)

### **3.3 Kiinteistökohtainen energiatarpeen laskenta ja E-luku**

Kiinteistöjen kokonaisenergiankulutukselle on rakennusmääräyksissä asetettu yläraja rakennustyyppin, koon ja käyttötarkoituksen mukaan. Kokonaisenergiakulutuksen tavoitteet saavutetaan energiatehokkuutta parantamalla rakennuksen vaipan, lämmityksen, lämpimän käyttöveden, ilmanvaihdon, valaistuksen ja sähkölaitteiston osalta. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013)

Kokonaisenergiatarkastelussa huomioidaan myös lämpöenergiatuotantomuoto, joka määrittää kertoimen E-luvulle kokonaisenergiatarkastelussa. Pienimmät kertoimet ovat uusiutuvilla energialähteillä sekä kaukolämmöllä ja puolestaan suurimmat kertoimet ovat fossiilisilla polttoaineilla ja sähköllä. Lainsäädännöllä ja asetuksilla kannustetaan uusiutuvien energialähteiden tai kaukolämmön käyttöä. (Nilan 2014.)

E-luku määritetään siten, että kokonaisenergiankulutus jaetaan rakennusneliöiden nettoalalla. Rakennuslainsäädäntö määrittää E-luvun ylärajaksi uusissa rivitaloissa aina 600 m<sup>2</sup> asti on 150 kWh/m<sup>2</sup>. Lämmitysjärjestelmää valittaessa kannattaa huomioida eri energiamuotojen kertoimet, jotka vaikuttavat suoraan E-lukuun ja sitä kautta rakennuksille asetettuun kokonaisenergiakulutuksen ylärajaan. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013)

Taulukko 1. E-luvun kertoimet eri energialähteille (Laki rakennuksen energiatoistuksesta 50/2013)

	Sähkö	Kaukolämpö	Kaukojäähdytys	Fossiiliset polttoaineet	Uusiutuvat polttoaineet
Rakennuksessa käytettävien energiamuotojen kertoimet:	1,7	0,7	0,4	1.0	0,5

Taulukko 2. Energiatehokkuusluvun luokat. (Vuolle, M 2013.)

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh e/m2 vuosi)
A	<75
B	76-100
C	101-130
D	131-160
E	161-190
F	191-240
G	>241

### 3.4 Kokonaiskustannukset

Lämmitysjärjestelmien investointi-, energia- ja ylläpitokustannukset jaetaan kahden tyyppisiin kustannuksiin. Kertakustannuksia ovat lämmöntuottolaitteet ja niiden vaatimat tilat. Vuosittaisia kustannuksia ovat energia-, ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset. Rakennuttajalla on mahdollisuus, joko itse vastata kokonaiskustannuksista tai ostaa lämpöenergiaa kokonaispalveluna sähkö- ja/tai

lämpöliiketoimintaa harjoittavalta yritykseltä, jolloin investointikustannukset jäävät energialiiketoimintaa harjoittavan yrityksen kannettavaksi.

Investointikustannuksia ovat lämmityslaitteiston suunnittelusta, asennuksesta, liittymiskulusta, lämmönjakojärjestelmästä, lämmön varastoinnista, lämmön kehityslaitteistosta ja polttoainevarastosta aiheutuvat kustannukset. Käyttökuluja ovat energiakustannukset, jotka aiheutuvat tilojen lämmityksistä, käyttövedestä, ilmanvaihtolaitteista sekä vuotuisista perusmaksuista. Huoltokustannukset aiheutuvat lämmitysjärjestelmän ja sen tilan huolloista, korjauksista, säädöistä ja puhdistuskustannuksista. (Motiva & Mattila 2006, 22.)

#### **4 Rivitalokompleksin esittely**

Suunniteltava rivitalokompleksi on kolme samankokoista kiinteistöä käsittävä kokonaisuus. Yhdessä kiinteistössä on kahdeksan asuntoa, jossa on neljä 59 m<sup>2</sup>:n kaksiota ja neljä 82 m<sup>2</sup>:n kolmiota. Asuinkäyttöön tarkoitettuja neliöitä on 564 m<sup>2</sup> sekä varastotiloja 30 m<sup>2</sup>, jolloin lämmitettäviä rakennusneliöitä on yhteensä 594 m<sup>2</sup>. Kokonaisneliöt nousevat kolmen rivitalokiinteistön osalta 1782 m<sup>2</sup>.

Pelletti- tai hakelämmöntuotantoratkaisu edellyttävät lisäksi 10–20 m<sup>2</sup>:n lisätilaa polttoainevaraston rakentamiseen. Lämmöntuotannosta vastaa lähilämpökeskus, johon kytketään kolme samankokoista rivitalokiinteistöä. Lämpöenergian tarvetta laskettaessa kWh/a käytetään Motivan tutkimuksessa saatuja lukuarvoja. Minimi lämpöeristevaatimukset täyttävälle asuinkiinteistölle on laskettu energiantarpeeksi noin 100–120 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Matalaenergiataloissa se on puolet tästä. Lämpimän käyttöveden energiantarpeeksi määritellään kyseiseen rivitalokohteeseen 900 kWh/asukas/vuosi. (Saarinen 2004, 2.)



Lämmönjakojärjestelmänä käytetään vesikeskuslämmitystä, joka tarkoittaa sitä, että lämmönkehityslaitteisto eli lämpöenergiaa tuottavayksikkö lämmittää veden tilojen- ja käyttöveden tarpeen mukaan. Itse asiassa lämmitysjärjestelmä mitoitetaan näiden tarpeiden perusteella. Lämmönjako eri tiloihin tapahtuu lattialämmityspiirien kautta (Motiva ja Mattila 2006, 7.) Rivitalokompleksi on suunniteltu rakennettavaksi lämpöteknisiltä ominaisuuksiltaan siten, että se täyttää normaalit rakennusmääräykset eristepaksuuksissa. Tämän tyyppisissä ratkaisuisa rakenteiden, tiiveyden sekä ilmanvaihdon lämpöhäviöt ovat korkeintaan 20 %. Rivitalokompleksin lämpöratkaisuja tarkastellaan yhden rivitalokiinteistön osalta.

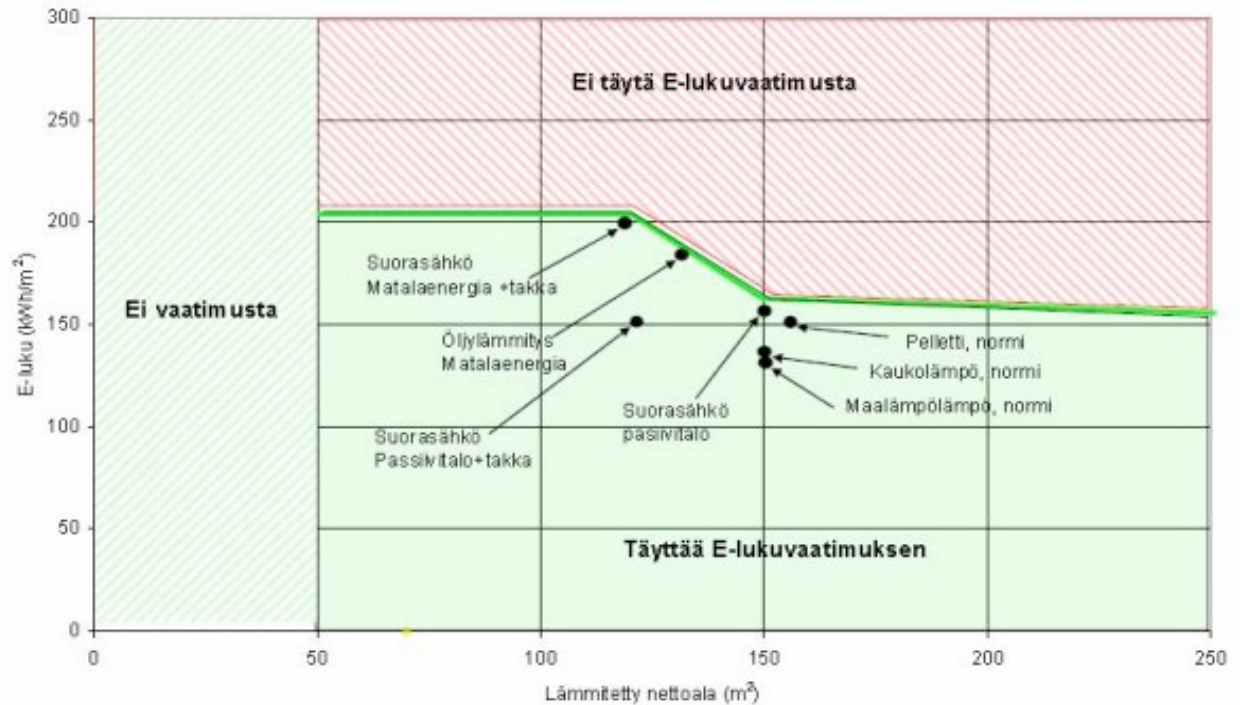
Lähtötiedot rivitalokohteessa A ovat seuraavat:

- Lämmitettävät rakennusneliöt ovat:  $594 \text{ m}^2 \times 120 \text{ kWh/m}^2 = 71,3 \text{ MWh/vuosi}$ .
- Käyttövesi: Asukkaita 20 henkeä  $\times 900 \text{ kWh/asukas/vuosi} = 18 \text{ MWh /vuosi}$ .
- Kokonaisenergiantarve: lämmitysenergiantarve  $\times$  hyötysuhde 80 % + lämpimän käyttövedentarve.
- Kokonaisenergiantarve yhteensä 111,6 MWh/vuosi.

Taulukko 3. Energiatarpeenlaskenta.

Kokonaisenergiantarve MWh/a	Hyötysuhde %	Lämpölaitoksen energiantuotto MWh/a	Aurinkoenergian tuottotavoite %	Päälämmitysjärjestelmän energiantarve MWh/a
89,3	80	111,6	10-20	90-100
89,3	80	111,6	20-30	80-90
89,3	90	99,2	40-50	40-50

Taulukko 4. E-luvun raja-arvot eri energialähteillä ja rakennustavalla ratkaistuna (Thermisol 2013).



#### 4.1.1 Pellettilämmitys

Pelletin valmistuksessa käytetään puun omia sideaineita, jolloin niiden palamisjätteenä ei synny haitallisia yhdisteitä. Puupelletit ovat lämmön ja paineen avulla puristettuja sylinterimäisiä tai neliömäisiä jakeita. Pelletit ovat yleensä halkaisijaltaan 8-12 mm ja pituudeltaan 10-30 mm. (Puhakka, Alanen, Kokkonen, Nalkki & Rousku 2003, 4.)

Puupelletin saapumistilassa ilmoitetut mitta- ja laatuarvot tarkoittavat puupelletin asiakkaalle toimitushetken arvoja. Puupelletin tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on 14–17,5 MJ/kg eli 1 i-m3 pellettiä = 3,125 MWh. Kotimaassa tuotettujen pellettien lämpöarvo on 4,6-4,9 kWh/kg, kosteus 8–10 %, irtotiheys 640–690 kg/i-m3 ja tuhkapitoisuus 0,3–0,5 %. Voidaankin todeta, että puupelletit ovat tasalaatuista polttoainetta, jotka aiheuttavat vähemmän häiriöitä polttolaitteissa. (Alakangas 2000, 76.)

Puupelletin lämmitysjärjestelmä vaatii melkein samat elementit, kuin hake ja öljylämmitys. Pellettien varastona toimii siilo, josta siirtoruuvi siirtää pelletit mekaanisesti tai pneumaattisesti polttimelle. Pellettien poltto tapahtuu kattilassa, jossa lämmitetään vesi tavoitelämpötilaan. Vesi johdetaan kiertovesipumpun avulla lämmitettävän tilan pattereihin tai vesikiertoiseen lattialämmitysjärjestelmään. Pellettikattila voi olla myös yhdistelmäkattila, jossa voi polttaa myös haketta tai yhdistää pellettikattilaan lisäenergiaa tuomaan aurinkopaneelit. (Motiva & Mattila 2006, 18–19.)

Puupellettilämmitysjärjestelmä rivitalokohteessa vaatii suuren polttoainevaraston eli siilon. Siilo voidaan sijoittaa joissain tapauksissa maan alle, mutta yleensä maan päälle. Rakennusluvissa on otettava huomioon, että rakennusneliöitä jää käytettäväksi myös siilon osalta. Siilon sijoituspaikka on myös oltava tontilla sellaisessa paikassa, että polttoaineen jakelu suurella säiliöautolla on mahdollista ja se on maisemaan sopiva. (Bioenergianeuvoja 2015.)

#### **4.1.2 Hakelämmitys**

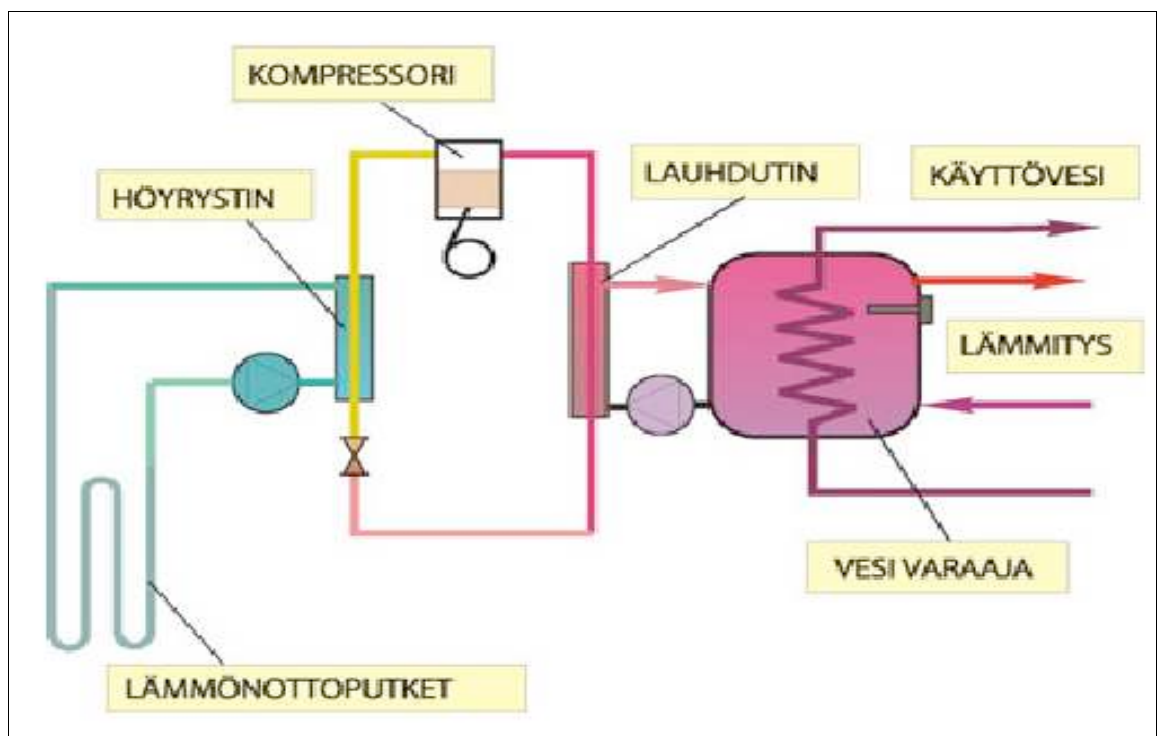
Poltettavaksi tarkoitettu hake on koneellisesti hakkurilla kokopuusta tai puun eri osista tehtyä polttoainetta. Poltettavaksi tarkoitetun hakkeen tärkeimpiä laatuominaisuuksia ovat palakoko, tasalaatuisuus, irtokuutiometrin tiheys ja kosteus. Yleisimmin hakkeen palakoko on 30–40 mm ja kosteus vaihtelee 25–40 % luokassa. Hakkeen energiasisältö on keskimäärin seuraava:  $1 \text{ i-m}^3 = 0,8 \text{ MWh}$  energiaa = 80 litraa polttoöljyä =  $0,28 \text{ MWh i-m}^3$  pellettiä/180 kg pellettiä (Alakangas 2000, 48–63.)

Hakelämmitysjärjestelmä vaatii saman elementit, kuin pellettilämmitys. Haketta ei kuitenkaan holvaantumisen vuoksi voida säilöä pitkiä aikoja varastossa. Hakkeen tyypillisimmät käyttökohteet ovat voimalaitokset, lämpölaitokset suuret maatilat ja kiinteistökohteet. Pienemmät hakelämpöjärjestelmät ovat vikaherkempiä kuin suuret lämpö- tai voimalaitokset. Rivitalokohteessa on syytä huo-

mioida hakevaraston tarvitsema tila sekä käyttö- ja huoltotoimenpiteiden tarpeet. (Bioenergianeuvoja 2015.)

#### 4.1.3 Maalämpölämmitys

Maalämpölämmitysjärjestelmässä hyödynnetään maaperään tai veteen sitoutunutta auringonsäteilystä saatua lämpöenergiaa. Maan kuoressa olevasta energiasta käytetään nimitystä geoterminen energia tai geoterminen lämpö. Maaperän rakenteen perusteella geometrinen energia kerätään noin metrin syvyydeltä vaakasuuntaisella lämmönkeruuputkistolla tai pystysuuntaisesti kallioon poraamalla. Lämmönkeruuputkisto on mahdollista ankkuroida myös vesistön pohjaan. (Motiva & Mattila 2006, 22.)



Kuvio 4. Maalämmön toimintaperiaate. (Pitkänen 2009, 17.)

Lämmönkeruuputkistossa kiertää bioetanolia, joka kerää lämpöenergiaa talteen. Maaperästä saatava lämpö on alhainen, jolloin se joudutaan lämpöpumpun

kompressorin avulla nostamaan lämmityksessä sopivalle tasolle. Maalämmöstä saatava lämpöenergia hyödynnetään pattereissa tai vesikiertoisessa lattialämmityksessä sekä lämpimänä käyttövetenä. (Motiva & Mattila 2006, 22–23.)

Maalämpöjärjestelmän mitoituksessa käytetään kahta menetelmää. Yhtenä vaihtoehtona maalämpöpumppu mitoitetaan täysitehoiseksi, joka kattaa 100 % kiinteistön lämmityksen ja lämpimän käyttöveden tarpeesta. Toisena vaihtoehtona maalämpöpumppu mitoitetaan osatehoiseksi, jolloin se toimii hyvällä hyötysuhteella. Osatehomitituksessa maalämpöpumpulla saadaan 85–95 % lämmön ja lämpimän käyttöveden tarpeesta vuodessa. Tässä tapauksessa tehon tarve korvataan sähkövastuksella tai hybridijärjestelmällä. Hybridijärjestelmä käyttää tyypillisesti kahta energialähdettä. (Motiva & Mattila 2006, 22–23.)

#### **4.1.4 Öljylämmitys**

Öljylämmitys pitää sisällään samat elementit kuin hake ja pellettijärjestelmät. Öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljypolttimosta, öljykattilasta, öljysäiliöstä, säätöautomaatiikasta, termostaatista sekä savuhormista. Termostaatti ohjaa öljykattilaa lämmöntarpeen mukaan. Yleensä öljykattilat eivät tarvitse erillistä lämminvesivaraajaa käyttöveden lämmittämiseen öljypolttimen suuren tehon vuoksi.

Nykyaikaiset öljykattiloiden hyötysuhde on parhaimmillaan 90–95 %. Öljykattiloita saa myös hybridimalleina, jolloin siihen voidaan yhdistää muukin lämmitysmuoto esimerkiksi puu- tai aurinkoenergiaratkaisu. Suuremmissa kiinteistökohteissa öljysäiliö voidaan asentaa myös maanalle. (Motiva & Mattila 2006, 27.)

#### 4.1.5 Sähkölämmitys

Sähkölämmityksen voidaan toteuttaa vesikeskuslämmityksellä joko erillisellä varaajan avulla tai sähkökattilalla. Jos varaajassa on sähkövastukset niin se on varaava vesikeskuslämmitysjärjestelmä. Suunnitteluvaiheessa kannattaa miettiä minkälaisia lämmönjakotapoja eri tiloissa kannattaa käyttää. Sähkölämmityksessä huonekohtaiset termostaatit helpottavat oikean lämpötilan säätämistä kuhunkin tilaan sopivaksi. Sähkölämmityksessä käyttövesi lämmitetään erillisessä lämminvesivaraajassa.

Nykyiset rakennusmääräykset vaativat sähkölämmityksen lisäksi muitakin lisälämmönlähteitä energiavaatimusten täyttämiseksi. (Motiva & Mattila, V. 2006, 16-28.) Suorassa sähkölämmityksessä käytetään myös lisälämmönlähteenä aurinkokeräimiä, ilmalämpöpumppua tai asentamalla varaava tulisija, joilla saadaan energiakustannuksia pienemmäksi.

#### 4.1.6 Aurinkoenergia

Aurinkoenergian hyödyntäminen on yleistynyt hybridilämmitysjärjestelmissä, joloin yleensä kohteena ovat asumiskäyttöön tarkoitetut rakennukset. Toisin sanoen aurinkoenergiaa hyödynnetään jonkin toisen energialähteen tukien energialähteenä. Markkinoilla olevat aurinkolämpökeräimet ovat taso- tai tyhjiöputki-keräimiä. (Ojaniemi ja Penttinen 2009, 32-33.)

Aktiiviset aurinkolämpökeräimet sijoitetaan yleensä rakennuksen katolle. Ilman suunnalla ja aurinkopaneelien optimaalisella kulmalla aurinkoon nähden saadaan parhaiten hyödynnettyä aurinkoenergiaa. Aurinkolämpökeräinten lisäksi muut pääkomponentit ovat energiajärjestelmässä varaaja, pumppu- ja ohjausyksikkö. Suomessa saatavan energianmäärä aurinkokeräinten avulla riippuu kohteen sijainnista pohjoisen-etelä-akseli välillä, joka vaihtelee 850–1200

kWh/m<sup>2</sup> molemmin puolin. Aurinkokeräinten hyötysuhteet ovat todellisuudessa 40–60 %, vaikka valmistajat ja erilaiset simulointiohjelmat ilmoittavat jopa 90 %. (Ojaniemi & Penttinen 2009, 32-33.)

Rivitalokompleksin lähilämpökeskuksen lämmöntuotantojärjestelmät on suunniteltu siten, että lämmönjako tapahtuu vesikiertoisen lattialämmityksen kautta. Hybridilämmitysjärjestelmien lämmönvarastointi tapahtuu lämpö- ja käyttövesivaraajiin. Auringosta saatava energia hyödynnetään pääasiassa lämpimään käyttöveteen, mutta sitä voidaan käyttää myös lämmitykseen.

## 4.2 Lämmityksestä aiheutuvat päästöt

Etenkin fossiilisista polttoaineista syntyy erilaisia päästöjä sen polttamisen yhteydessä. Yleensä ympäristöön aiheutuvia päästöjä lasketaan vain hiilidioksidimäärien osalta. Puuperäiset polttoaineet ovat hiilineutraaleja polttoaineita, eikä niistä polttamisen yhteydessä synny päästöjä. Kuitenkin jalostusprosesseissa valmiiksi tuotteiksi sekä raaka-aineen kuljetuksissa syntyy aina hiilidioksidipäästöjä.

Taulukko 5. Lämmöntuotannossa syntyvien hiilidioksidipäästöjen määrää eri energialähteillä. (Ojaniemi & Penttinen 2009, 13.)

Polttoaine	Kg/MWh
Puupolttoaineet	0 kg/MWh
Kevyt polttoöljy	267 kg/MWh
Sähkö, maalämpöpumput	200 kg/MWh
Lämmityssähkö	400 kg/MWh

## 5 Tutkimustehtävä

Suunniteltava rivitalokompleksi käsittää kolme 594 m<sup>2</sup> kiinteistöä, jolloin lämmitysenergian tarve mitoitetaan 1782 m<sup>2</sup> mukaan. Rivitalokompleksin lämmöntuotannosta sekä lämpimän käyttöveden lämmityksestä vastaa lähilämpökeskus. Tutkimuksen tarkoituksena on löytää taloudellisesti kannattava lämmöntuotantomenetelmä ekologisuus huomioiden.

Tutkimus on kehitystehtävätyyppinen, jossa kohteena on uudiskohteena oleva rivitalokiinteistö. Tämän vuoksi kaikki kiinteistön lähtötiedot perustuvat kirjallisuudesta saatuihin lukuihin ja arvioihin. Kiinteistökohtaisen lämmitysenergiajärjestelmän investointilaskelmissa vaikuttavat myös kohteen sijainti merkittävästi. Esimerkiksi maanrakennuskustannukset maalämmön osalta ovat arvioita tai muista tutkimuksista tai selvityksistä kerättyjä tietoja.

Tiukentunut rakennuslainsäädäntö kiinteistöjen energiantehokkuuden ja energiantuotantotapojen kannalta asettaa se lämpöenergiatuotantomuodot erilaiseen asemaan toisistaan. Kokonaisenergiakulutuksen kannalta se tarkoittaa sitä, että fossiilisia energialähteitä käyttävät lämmitysjärjestelmät edellyttävät vähintään hybridilämmitysjärjestelmän tai matala- tai passiivienergiarakentamista. Huomioitavaa on myös investointitukien mahdollisuus uusiutuvilla energialähteillä kokonaisinvestointien laskelmissa.

### 5.1 Toimeksiantaja ja tutkimuskohde

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Karelian AMK. Toimeksiantajan tavoite on saada selvitys kuinka rivitalokiinteistön lämmitysratkaisuissa pystytään hyödyntämään lähilämpökeskuksen hybridilämmitystä. Lämmitysjärjestelmissä



huomioidaan ekologisuus ja energiatehokkuustarkastelu. Opinnäytetyötutkimus on kokonaistarkastelua, kuinka nykyaikaiset ekologisemmat hybridilämmitysjärjestelmät pystyvät kilpailemaan öljy- ja sähkölämmitysjärjestelmiä vastaan taloudellisista ja ekologisista lähtökohdista.

## 5.2 Tutkimusongelma

Tiedonkeruulla on tarkoitus saada selvyttä 300 kW:n kokoluokan pelletin, hakkeen, öljyn-, sähkön- ja 180 kW:n maalämpökeskuksen investointikustannuksista. Lämmitysjärjestelmät ovat hybridijärjestelmiä, jossa päälämmitysjärjestelmän tukilämmönlähteenä toimii aurinkolämpökeräimet. Kustannuksien investointilaskelmissa investointiaika on kaksikymmentä vuotta, koska se on monelle lämmitysjärjestelmälle laskettu elinkaareksi.

Hybridilämmitysjärjestelmien investointien vaihtoehtoja vertailtaessa huomioidaan erikseen energia-, käyttö- ja huoltokustannukset vuositasonalla. Tutkimuksella pyritään myös selvittämään mitä muita tekijöitä on huomioitava lämmitysjärjestelmien suunnittelussa ja valinnassa. Lämmitysjärjestelmä suunniteltaessa on huomioitava lisäksi toimintavarmuus eri energiamuotojen välillä, lämmönkehityslaitteiston asettamat tarpeet ja rajoitteet sekä lämmön varastoinnin vaatimukset.

Lämmitysjärjestelmän kustannukset koostuvat pelletti- ja hakelämmitysjärjestelmissä kattilasta, varaajasta, asennuksesta ja raaka-ainevarastosta. Maalämpöjärjestelmässä investointikustannuksia koostuvat maalämpöpumpusta, lämmönkeruuputkistosta, asennuksesta, porakaivoista sekä sähköjärjestelmän vahvistamisesta. Öljylämmitysjärjestelmän kustannukset koostuvat kattilasta, varaajasta, asennuksesta ja öljysäiliöstä. Sähkölämmitysjärjestelmän kustannukset koostuva pääasiassa sähkökattilasta, asennuksesta ja suuremmasta liittymismaksusta.

Tutkimuksessa pyritään myös selvittämään, mitä merkitystä lämmitysjärjestelmän valintaan ja kustannuksiin aiheuttaa uudisrakennuksia koskeva energiatehokkuuteen pyrkivä lainsäädäntö. Rakennusmääräyksiä tiukennettiin vuonna 2012 asettamalla uudisrakennuksille yläraja kokonaisenergiankulutukselle. Kokonaisenergiakulutusta ilmaistaan E-luvulla, jonka laskelmissa huomioidaan kaikki rakennuksessa energiaa tuottavat ja kuluttavat koneet sekä laitteet. (Nilan 2014.)

Tutkimus tehdään kehitystehtävätyyppisenä tutkimuksena, jolla haetaan erilaisia ratkaisumalleja suhteellisen pienen rivitalokompleksin lämpöenergiatuotantoon. Kehitystehtävätyyppisen tutkimuksen tarkoitus on esimerkiksi kehittää tuotantomenetelmiä, parantaa prosesseja tai edistää uuden teknologian käyttöä. Tämän tutkimuksen tarkoitus on löytää taloudellisesti kannattava hybridilämmitysjärjestelmä kiinteistön lämmöntuotantoon. Tutkimuksen lähtökohtana on tarkoitus selvittää kuinka kilpailukykyisiä ekologisemmat hybridilämmitysjärjestelmät ovat verrattuna fossiilisia polttoaineita käyttäviin hybridilämmitysjärjestelmiin. Tutkimustiedot kerätään haastattelemalla paikallisia LVI-alan yrityksiä, joita on kymmenisen yritystä. Haastattelut tehdään ennalta suunnitellun haastattelumakkeen pohjalta.

Tutkimuksessa saattaa myös ilmetä sellaisia selvityskustannuksia, johon ennen tutkimuksen aloittamista ei ole pystynyt varautumaan. Tällaisissa tapauksissa käytetään muiden tutkimuksien tai erilaisten hankeselvityksien tietoja. Ennakolta voi sanoa, että tällaisia kustannuksia ovat raaka-aineiden rakennuskustannukset ja maanrakennuskustannukset.

### **5.3 Tulokset**

Tiedonkeruun jälkeen tutkimusaineisto kerättiin yhteen, jonka perusteella tehtiin investointi- ja energia-, käyttö- ja huoltokustannuksista vertailutaulukot. Tutki-

musaineistossa esitetään erillisinä taulukkoina viiden hybridilämmitysmuodon investointikustannuksista ja vuosittaisista syntyvistä energia-, käyttö- ja huoltokustannuksista. Tutkimuksessa selvitettiin myös käytettävien energiamuotojen ympäristöystävällisyys. Vaihtoehtoisten energiamuotojen hiilidioksidipäästöt laskettiin myös vuositasona. Kokonaisenergiankulutukselle laskettiin E-luku, joka kertoo energiatehokkuudesta.

Taulukko 6. Investointilaskelmat kolmen rivitalokiinteistön osalta.

Investointi Kustannukset/ Euro	Sähkö	Öljy	Pelletti	Hake	Maalämpö
Päälämmitys järjestelmä	28 880	42 550	66 860	74 920	79 880
Lämminvestivaraajat 8kplx500 litraa	3890	3890	3890	3890	3890
Päälämmitysjärjestelmä kustannukset yhteensä	32 770	46 440	70 750	78 810	83 770
Aurinko lämmitysjärjes- telmä	138 600	59 400	59 440	59 440	59 440
Kustannukset yhteensä	171370	105 880	130 19	138 250	143 210
Investointi tuki 20% kustannusten hyöty €	27 720	11 880	31 318	27 650	28 642
Investointi kustannukset yhteensä	143 650	93 960	104 152	110 600	114 568

Käyttökustannuksia laskettaessa on käytetty työtehoseuran ja erilaisten hankeselvityksien arvioituja kustannuksia kyseisille lämmöntuotantojärjestelmille. Kuitenkin samantyyppistä hybridilämmitysjärjestelmää ei löytynyt, joten kustannuksia laskettaessa osa perustuu arvioihin. Kiinteistön lämmityksestä syntyviä kustannuksia ovat energia-, käyttö-, ja ylläpitokustannukset, joille arvioidaan 55 euroa tunnilta riippumatta hybridi-

lämmitysjärjestelmästä. Päälämmitysmuodon mukaan lämmitys- ja käyttökustannuksiin arvioidaan hakelämmityksessä kuluvan 80 h/a, pellettilämmityksessä 40 h, öljylämmityksessä 20 h sekä sähkö- ja maalämpölämmityksessä kuluvan

ainoastaan 8 h/a. Kunnossapito ja huoltokustannuksiin katsotaan kuluvan 1 % lämmitysjärjestelmän kokonaisinvestoinneista. Kustannukset jakautuvat investointien osalta kolmanneksen rivitalo A:n osalle, koska lähilämpökeskus on suunniteltu kolmelle rivitalokiinteistölle.

Taulukko 7. Ostoenergian kustannukset €/kWh. (HT Enerco 2015.)

Hake	0,020€/kWh
Puupelletti	0,042€/kWh
Kevyt polttoöljy	0,100€/kWh
Sähkö	0,090€/kWh

Taulukko 8. Rivitalokiinteistö A:n arvioidut energia- ja polttoainetarvemäärät.

Energia	Yksikkö	Energia kW/h	Sähkö Läm.	Öljy Läm.	Pelletti Läm.	Hake Läm.	Maaläm. Läm.
Lämmitysenergian tarve	kWh/a	89 280					
Hyötysuhde ja lämpö- häviöt yht.	%	80	90	80	80	80	
SPF-luku							2.5
Rivitalo A:n energia- tarve hyötysuhteen jälk.	kWh/a	111 600	99 200	111 600	111 600	111 600	35 712
Aurinkoenergian tuot- to	kWh/a		52 920	22 680	22 680	22 680	22 680
Rivitalo A:n energ.tarv.yht.	kWh/a		46 280	88 920	88 920	88 920	13 032
Sähkön kulutus	kWh/a		46 280				
Öljyn kulutus	Litraa/a			8875			
Pelletin kulutus	i-m3				28.5		
Hakkeen kulutus	i-m3					111.2	
Maalämmön sähkön kulu- tus tarve	kWh/a						13 032

Taulukko 9. Energiatarpeenlaskenta eri energiamuodoille ja E-luvun määräytyminen.

Energian tarve Muoto	Energiamäärä kW/h/a	E-luvun kerroin	E-luku
Sähkö	46 280	1,7	132
Öljy	88 920	1.0	149
Pelletti	88 920	0.5	75
Hake	88 920	0.5	75
Maalämpö	10 032	1.7	23

Taulukko 10. Rivitalo A:n vuotuiset energia-, ylläpito- ja huoltokustannukset.

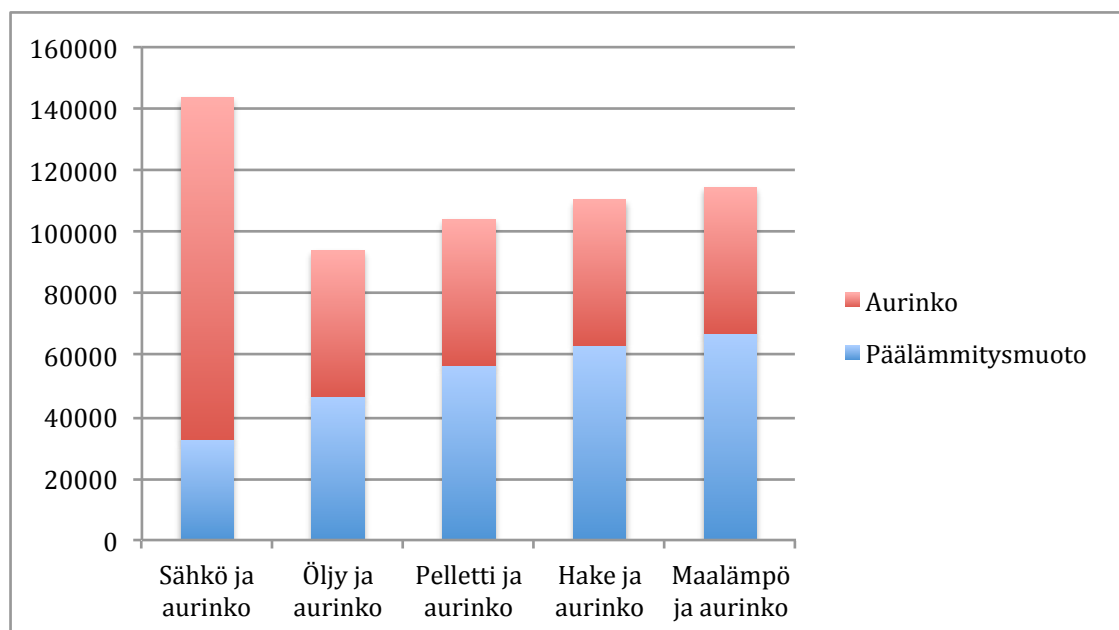
Käyttö Kustannukset e/vuosi	Sähkö lämmitys	Öljy lämmitys	Pelletti lämmitys	Hake lämmitys	Maalämpö lämmitys
Investointikustannus 5% korolla/a	3842	2513	2785	2958	3064
Kunnossapito ja huolto- kustannukset 1% invest.	571	352	433	460	478
Lämmitys- ja käyttökus- tannukset	145	366	806	1466	145
Rivitalo A:n osuus lämmöntuoton kustan- nuksista	4558	3231	4024	4844	3687
Polttoaine kustannukset	4392	8623	1230	2286	1399
Kustannukset yhteensä	8950	11 854	5254	7170	5086

## 6 Tulosanalyysi

Hybridilämmitysjärjestelmän yhtenä lähtökohtana oli, että lisäenergiälähde, tässä tapauksessa aurinkolämpökeräimet mitoitetaan lämpimän käyttöveden energiatarpeen täyttämiseksi. Öljylämmitykseen integroituna aurinkolämpöenergiaosuus täytyi olla vähintään 20 % kokonaisenergiankulutuksesta energiatehokkuusluvun saavuttamiseksi. Sähkökattilajärjestelmään integroituna aurinkolämmöllä tuotetun energian osuus täytyi nostaa jo yli 50 % kokonaisenergiantuotannosta energiamääräyksien täyttämiseksi.

Tutkimuksella selvitettiin kuinka investointi ja käyttökustannukset eri energiatuotantomuodoilla jakautuvat MWh kohden. investointikustannuksissa tarkasteltiin myös tuotettujen energiamäärien suhdetta energiatuotantomenetelmiin. Kustannuksia laskettaessa on huomioitu molempien lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset. Kustannuksissa on huomioitu uusiutuville energiatuotantomuodoille 20 % investointituki. Investointilaskelmissa on käytetty 5% korkoa ja investointiajaksi on laskettu 20 vuotta.

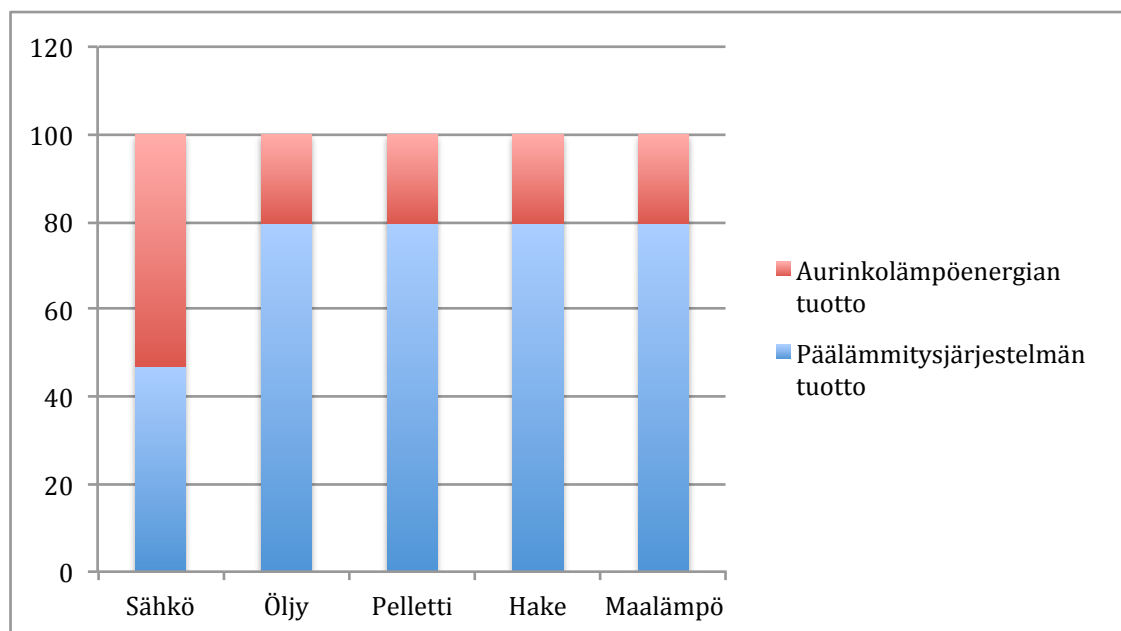
Taulukko 11. Investointikustannusten jakautuminen eri hybridijärjestelmille



Taulukosta 11 ja 12 käy ilmi, että pelletti-, hake- ja maalämpöjärjestelmiin integroituna aurinkolämmön tuotantolaitteet muodostavat 40–45 % kokonaiskustannuksista. Lämmön ja lämpimän käyttöveden tuotannossa aurinkolämmöllä pystytään täyttämään energiantarpeesta kuitenkin vaan 20%. Laskelmissa aurinkoenergiantuotannolle on laskettu 450 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Todellisuudessa tammi-, helmi- ja maaliskuussa aurinkolämmöntuotanto laskee jopa 80 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa, jolloin auringolla tuotetun energian hinta MWh kohden nousee entistään.

Sähköhybridijärjestelmässä aurinkoenergian investointikustannuksien osuus nousi yli 70 %, joka myös kertoo aurinkolämpölaitteiden korkeasta hinnasta verrattuna tuotettuun energiamäärään. Öljylämmitykseen integroitu aurinkolämmön investointikustannukset ovat puolet kokonaisinvestointikustannuksista, vaikka energiatuotantoa saadaan vain 20 % aurinkolämpökeräimillä.

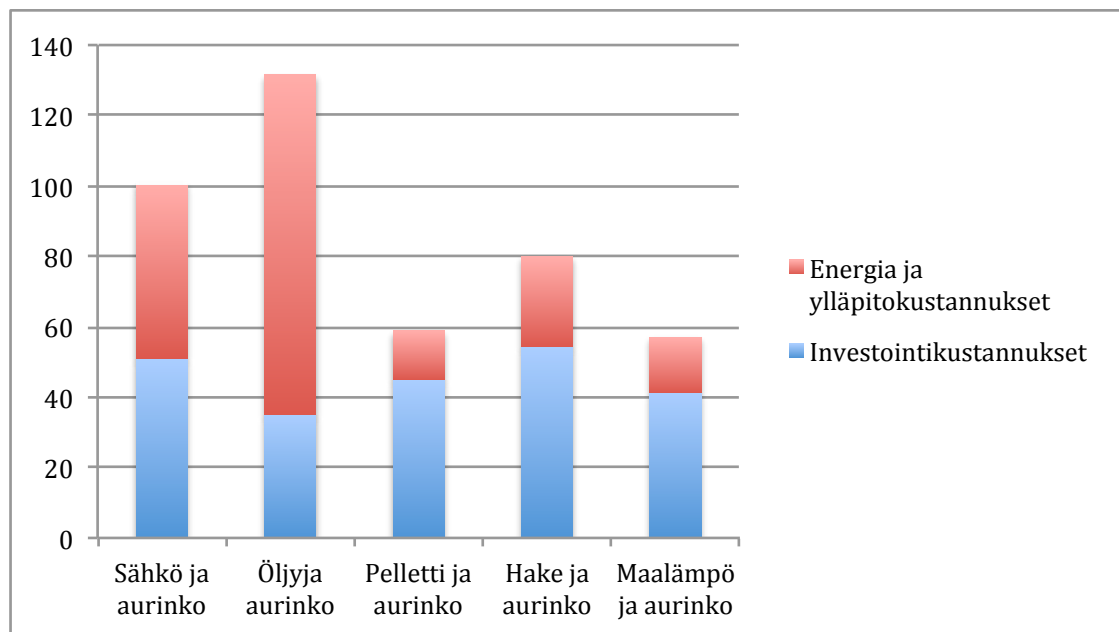
Taulukko 12. Hybridijärjestelmissä tuotetun energian jakautuminen päälämmitysjärjestelmän ja auringosta saatavan energian kesken.





Kokonaiskustannuksia tarkasteltaessa uusiutuvien energialähteitä käyttävät lämmitysjärjestelmät ovat investointina kalliimpia kuin sähkö- ja öljylämmitysjärjestelmät. Käyttökustannukset ovat pelletti-, hake- ja maalämpöhybridillä kuitenkin vain murto-osa öljy- ja sähköhybridijärjestelmiin nähden.

Taulukko 13. Kokonaiskustannuksien jakautuminen investointi- ja käyttökustannuksien osalta hybridijärjestelmissä €/MWh/a.



Energiatehokkuus tarkastelussa pelletti- ja hakehybridilämmitysmuodot sijoittuvat B-luokkaan. Sähkö- ja öljyhybridilämmitykset kuuluvat D-luokkaan ja maalämpö yhdistettynä aurinkoenergiaan sijoittuu A-luokkaan. Ilmastokuormia syntyy eniten fossiilisia polttoaineita käyttävillä lämmitysjärjestelmillä. Hiilidioksidipäästöjä pelletti ja hakehybridilämmityksellä ei tule yhtään, koska ne ovat uusiutuvia energialähteitä. Maalämpöhybridilämmityksellä päästökuormaksi syntyy 2600 kgCO<sub>2</sub>/a, koska se käyttää sähköenergiaa lämmöntuottamiseen. Sähköhybridiratkaisulla päästöjä syntyy 18 400 kgCO<sub>2</sub>/a ja öljyhybridilämmityksellä 23 740 kgCO<sub>2</sub>/a. Nämäkin tulokset puoltavat uusiutuvien energialähteiden käyttöä.

## 7 Pohdinta

Nykyinen lainsäädäntö kannustaa lämpöenergiaratkaisuissa uusiutuvien energialähteiden käyttöön ja energiatehokkuuteen. Energiatehokkuuden kannalta kiinteistöille on asetettu kokonaisenergiankulutus, jonka tavoitteet voidaan saavuttaa eri keinoin. Matala- ja passiivienergiatalot ja uusiutuvia energialähteitä hyödyntävät lämpöratkaisut ovat kehitystä siihen suuntaan. Fossiilisia energialähteitä käyttävät lämpöratkaisut edellyttävät energiatehokkaimpia rakenteita, jotka kasvattavat investointeja kuin puolestaan uusiutuvien energialähteiden lämmöntuotantoon on mahdollista saada valtionavusteisia tukia ja verohelpouksia.

Investointikustannuksia vertailtaessa maalämmön osalta maaperällä on suuri vaikutus kustannuksiin, kun muille lämmöntuotantokustannukset voidaan ennalta laskea melko tarkkaankin. Maalämpöratkaisuihin vaikuttaa suuresti maaperä, kuinka lämmönkeruuputkisto voidaan rakentaa. Maaperästä johtuen keruuputkisto asennetaan joko maaperään vaakasuuntaisesti noin metrin syvyydelle tai kallioon poraamalla pystyputkituksena. Lämpöratkaisujen kannalta tutkimustuloksia kaivattaisiin maalämmön osalta, kuinka kustannukset muodostuvat eri lämmönkeruutavoilla ratkaistuna.

## Lähteet

- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>. 19.4.2015
- Bioenergianeuvoja 2015. Pienlämmityskohteet ja suuret lämpövoimalat. Bioenergianeuvoja. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/kaytto/>. 1.4.2015
- HT Enerco 2015. Polttoainevertailu. <http://www.htenerco.fi/index.php/fi/bioenergialammitys/polttainvertailu>. 15.4.2015
- Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2013/20130050?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=energiatehokkuus>. 5.5.2015
- Lankinen, R & Puhakka, A. 2013. Kuopio. Hajautetut energiaratkaisut. Kopijyvä Oy
- Motiva 2015. Bioenergian käyttö. [http://www.motiva.fi/files/8634/488/Uusiutuvan\\_energian\\_osuudet\\_vuonna\\_2012.jpg](http://www.motiva.fi/files/8634/488/Uusiutuvan_energian_osuudet_vuonna_2012.jpg). 22.3.2015
- Motiva 2015. Syöttötariffi. [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/uusiutuva\\_energia\\_suomessa/uusiutuvan\\_energian\\_tuet/syottotariffi](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/uusiutuvan_energian_tuet/syottotariffi). 4.4.2015
- Motiva & Mattila, V. 2006. Pientalon lämmitysjärjestelmät. Helsinki. Kauppa- ja teollisuusministeriö.
- Nilan 2014. E-luku ja rakennusmääräykset. Nilan Suomi Oy. <http://www.nilan.fi/e-luku-ja-uudet-rakennusmaaraykset/>. 4.4.2012
- Ojaniemi, A & Penttinen, L 2009. Pudasjärven matalaenergiarakentamisen hirsitalokorttelialue-Selvitys lämmöntuotannosta uusiutuvalla energialla. Oulunsuon seutukunta. <http://www.oulunkaari.com/tiedostot/Uusiutuvaenergia/raportit/Benet%20Pudis%20rap.pdf>. 28.4.2015
- Pitkänen, J 2009. Lämmön kehittäminen kaivamattomalla tekniikalla. Tekniikan Porin yksikkö. Energia- ja laivakonetekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2279/Pitkaranta\\_Juha.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2279/Pitkaranta_Juha.pdf?sequence=1). 25.4.2015

- Puhakka, A., Nalkki & Rousku 2003, 4. Pellettilämmitysopas. Helsinki, Joensuu. Motiva Oy.
- Rautio, J 2008. Lämpöpumput ja niiden taloudellisuus ja ympäristöystävällisyys erillisten pientalojen lämmityksessä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ympäristötekniikan tiedekunta. Ympäristötekniikan kandidaatintyö ja seminaari. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/43221/nbnfi-fe200901081010.pdf?sequence=3>. 28.4.2015
- Saarinen, S 2004. Kodin rakennustieto. Helsinki. Motiva Oy. <https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5eKifMc2I/5fYqXZzqx/Files/CurrentFile/Lammitysjarjestelmat.pdf>. 14.3.2015
- Skrökki, J 2013. Öljylämmitteisin aluelämpökeskuksen korvaaminen pelletti-, hake- ja maalämpölaitoksella. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/62278/Opinnaytetyo.pdf?sequence=1>. 25.4.2015
- ThermiSol 2013. Eristä oikein. <http://www.thermisol.fi/erista-oikein.html>. 14.4.2015
- Tilastokeskus 2013. Energian loppukäytön jakautuminen sektoreittain 2013. [http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto\\_suomessa/energian\\_loppukaytto](http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto) 4.4.2015
- Tilastokeskus 2014. Asumisen energiankulutus laski vuonna 2013. [http://www.stat.fi/til/asen/2013/asen\\_2013\\_2014-11-14\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/asen/2013/asen_2013_2014-11-14_tie_001_fi.html). 26.3.2015
- Työ- ja elinkeinoministeriö 3.2.2013. Helsinki. Energiatuki. Työ- ja Elinkeinoministeriö. [https://www.tem.fi/energia/energiatuki/tuen\\_maara](https://www.tem.fi/energia/energiatuki/tuen_maara). 16.4.2015
- Valtioneuvoston asetus, 2013. maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) 117 g §:n 4 momentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130009>. 14.4.2015
- Viljamaa, A 3.3.2015. Ilmastoraportti näyttää Euroopalle punaista valoa. Helsinki. Helsingin Sanomat. <http://www.hs.fi/ilta/03032015/a1425358530600?jako=055d09b976cfd6589fd4c3693cb28487>. 3.3.2014
- Vuolle, M 2013. Rakennusten energiatodistus ja sen E-luvun laskenta. [http://energiatodistus.motiva.fi/energiatodistustenlaatijat/tapahtumat/et\\_vuolle\\_verkkoon\\_19032013.pdf](http://energiatodistus.motiva.fi/energiatodistustenlaatijat/tapahtumat/et_vuolle_verkkoon_19032013.pdf). 12.4.2015

**Haastattelulomakkeen runko****Lähtötiedot rivitalokohteessa:**

- Lämmitettävät rakennusneliöt ovat:  $594 \text{ m}^2 \times 120 \text{ kWh/m}^2 = 71,3 \text{ MWh /vuosi}$ .
- Käyttövesi: Asukkaita 20 henkeä  $\times 900 \text{ kWh/asukas/vuosi} = 18 \text{ MWh/vuosi}$ .
- Kokonaisenergiantarve: lämmitysenergiantarve  $\times$  hyötysuhde 80 %  
+ lämpimän käyttövedentarve.
- Kokonaisenergiantarve yhteensä 111, 6 MWh/vuosi.

Taulukko 1. Energiatarpeenlaskenta/rivitalokiinteistö.

Kokonais- energiantarve MWh/a	Hyö- tysuhde %	Lämpölaitoksen energiantuotto MWh/a	Aurinkoenergian tuottotavoite %	Päälämmitysjärjestelmän energiantarve MWh/a
89,3	80	111,6	10-20	90-100
89,3	80	111,6	20-30	80-90
89,3	90	99,2	40-50	40-50

**Päälämmitysjärjestelmän investointikustannuslaskelmat:**

Päälämmitysjärjestelmän tuotto 250-300 MWh vuodessa.

Päälämmitysjärjestelmän hyötysuhde 80-90 %.

Päälämmitysjärjestelmä mitoitetaan toimimaan 40-60 % hyötysuhteella.

Hakelämmitysjärjestelmä 300 kW: Poltin-, kattila-, hormi-, varaaja- sekä ohjaus- ja säätöjärjestelmä.

Hinta:

Lämmitysjärjestelmän asennushinta:

Pellettilämmitysjärjestelmä 300 kW: Poltin-, kattila-, hormi-, varaaja- sekä ohjaus- ja säätöjärjestelmä.

Hinta:

Lämmitysjärjestelmän asennushinta:

Öljylämmitysjärjestelmä 300 kW: Poltin-, kattila-, varaaja- hormi- sekä ohjaus- ja säätöjärjestelmät.

Hinta:

Lämmitysjärjestelmän asennushinta:

Sähkölämmitysjärjestelmä 300 kW: Sähkökattila, varaaja sekä säätö- ja ohjausjärjestelmä.

Hinta:

Lämmitysjärjestelmän asennushinta:

Maalämpöjärjestelmä 180 kW: Maalämpöpumppu, lämmönkeruuputkisto, varaaja sekä säätö- ja ohjausjärjestelmä.

Hinta:

Lämmitysjärjestelmän asennushinta:

Aurinkolämpökeräimet: Aurinkolämpökeräimien tuotto-odotus 20 % kokonaisenergiantuotannosta.

Aurinkolämpökeräimet, pumppu- ja ohjausyksikkö.

Hinta:

Lämmitysjärjestelmän asennushinta:

Muuta huomioitavaa:

Investointisuunnitelma prosessi.

Taulukko 7. KPA-laitoksen hankinnan vaiheet ja niihin kuuluva likimääräinen aika. (Satakunnan ammattikorkeakoulu 2002, 19)

Esisuunnittelu 1kk		
Kustannusarvio Hankintapäätös 3 vk	Kaavamuutokset 3-12kk	
Tarkentavat selvitykset 2 vk		
Hankinta-asiakirjojen laatiminen 1 vk		Muu suunnittelu 2 vk
Laskenta-aika 1 vk		
Tarjouksien vertailu 1 vk		Muut tarjoukset 1 kk
Urakkaneuvottelut Urakkasopimukset 1 vk	Rakennuslupa 1-3 vk	
Urakoitsijan suorittava detaljisuunnittelu 3 vk		
Suunnitelmien hyväksyminen 2 vk		Muut hankinnat 3 kk
Rakennusaika 3 kk		
Käyttöönotto 1 vrk		
Koekäyttö 1 vko		
Takuukokeet vastaanotto 1 vrk		
Takuutarkastukset 1 vrk		

## Esimerkki: U-arvot asetuksesta

Rakennusosa	Rakennusluvan vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/20 03-	2008-	2010-	2012-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Puolilämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26	0,26
Maanvarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätilainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4



## YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIAOTEHOKKUUDESTA

### Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 147 m<sup>2</sup>

### Lämmitysjärjestelmän kuvaus

### Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus

Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
sähkö	13 033	89	1,7	151
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3 381	23		
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				151

**Rakennuksen energiatehokkuusluokka**

Käytetty E-luvun luokitteluasteikko

Luokkien rajat asteikolla

### Erilliset pientalot

A: ... 81	B: 82 ... 129	C: 130 ... 167
D: 168 ... 247	E: 248 ... 377	F: 378 ... 447
G: 448 ...		
C		

Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

## ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

## Keskeiset suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

[illegible]

Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpide-ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi"

# ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite:

\*  
\*  
\*  
\*  
\*

Rakennustunnus:

\*

Rakennuksen valmistumisvuosi:

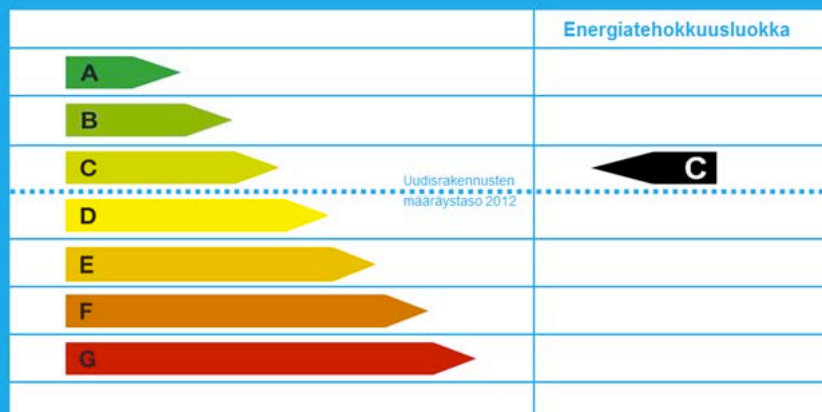
2013

Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:

Yhden asunnon talot

Todistustunnus:

\*



Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

151  
kWh<sub>E</sub> / (m<sup>2</sup>vuosi)

Todistuksen laatija:

\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*

Yritys:

\*  
\*  
\*  
\*  
\*  
\*

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

\*

Viimeinen voimassaolopäivä: